JAXA's

［ジャクサス］ September 2012
宇宙航空研究開発機構機関誌
No.046

特集
内之浦宇宙空間観測所／能代ロケット実験場
宇宙への窓を開いた半世紀

どこまで分かった？ 新たなナゾは？
月の起源と進化

日本の空、世界の空を、安全快適に結ぶ
次世代運航システム「DREAMS」プロジェクト

宇宙に飛び出すメイド・イン・ジャパン 第4回

宇宙航空研究開発機構機関誌

CONTENTS

3
「4年前に比べて
いい意味で
手垢がついてた」
星出彰彦 宇宙飛行士

4
特集
内之浦宇宙空間観測所／能代ロケット実験場
宇宙への窓を開いた半世紀
的川泰宣 JAXA名誉教授・教育広報アドバイザー 元・鹿児島宇宙空間観測所 所長
髙野雅弘 JAXA名誉教授、元・能代ロケット実験場 場長
秋葉鐐二郎 元・宇宙科学研究所 所長
峯杉賢治 内之浦宇宙空間観測所 所長
安田誠一 能代ロケット実験場 場長

8
どこまで分かった? 新たなナゾは?
月の起源と進化
佐伯和人
大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻 准教授

10
高度400kmを目指し合体せよ!
「こうのとり」

12
日本の空、世界の空を、安全快適に結ぶ
次世代運航システム
「DREAMS」プロジェクト
張替正敏
DREAMSプロジェクトチーム プロジェクトマネージャ

14
宇宙に飛び出す
メイド・イン・ジャパン 第4回
株式会社由紀精密
東成エレクトロビーム株式会社

16
宇宙の平和利用と
国際協力を推進するために
堀川 康 技術参与、国連宇宙空間平和利用委員会 議長

17
宇宙広報レポート
ペンシルロケット鑑定団がゆく!
阪本成一 宇宙科学研究所教授/宇宙科学広報・普及主幹

18
JAXA最前線

20
CLOSE-UP
ニコニコ生放送
「JAXA宇宙航空最前線」を見よう!

表紙：「きぼう」日本実験棟船内実験室の清掃を行う星出彰彦宇宙飛行士（画像提供 JAXA/NASA）

INTRODUCTION

星出彰彦宇宙飛行士の国際宇宙ステーションでの長期滞在が、まもなく2カ月を迎えます。この間、日本人宇宙飛行士として初めて宇宙ステーション補給機「こうのとり」の結合作業に携わり、「きぼう」日本実験棟で「水棲生物実験装置」や「小型衛星放出機構」を使った実験も始まりました。高い信頼性を誇る国産ロケットと物資輸送船、未来を探る人工衛星や探査機、軌道上の実験室――。日本は数々の宇宙技術を獲得してきましたが、その歴史は半世紀以上前にさかのぼります。巻頭特集では開所50周年を迎えた内之浦宇宙空間観測所と能代ロケット実験場を取り上げ、関係者にインタビュー。宇宙開発を支えてきた道のりを、ロケット開発の父・糸川英夫氏のエピソードも交えてご紹介します。そして、忘れてはならないのが中小企業のモノ作り力。「はやぶさ」プロジェクトを支えたのが数百社の中小企業であったように、宇宙へのチャレンジは皆さんの町にもある町工場で続いています。今回「宇宙に飛び出すメイド・イン・ジャパン」に登場するのは、家業の工場を継いで宇宙分野へ乗り出した気鋭の若手経営者。「はやぶさ2」にかかわる技術も出てきますのでお見逃しなく。さて、今年の中秋の名月は9月30日。お月見の前に大阪大学の佐伯准教授の解説で、月周回衛星「かぐや」のデータが明らかにした月の科学の最前線をお届けします。「かぐや画像ギャラリー」では美しいハイビジョン映像をご覧いただけますので、こちらのお月見も合わせてお楽しみください。

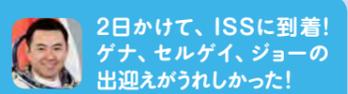
➡http://wms1.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene_viewer/

「4年前に比べて いい意味で 手垢がついてた」

日本時間7月17日午後4時23分、国際宇宙ステーション（ISS）へ入室した星出彰彦宇宙飛行士は「きぼう」日本実験棟へ“里帰り”した感激を、ツイッターでそう伝えました。続く28日には宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機がISSに無事結合。「水棲生物実験装置」や「小型衛星放出機構」などの実験装置が運び込まれ宇宙実験からISS設備のメンテナンス作業まで忙しくも充実した日々が始まっています。

7月17日 ISSとソユーズ宇宙船の間のハッチが開き、船内に一番乗り

8月6日「きぼう」ロボットアームを操作し、「こうのとり」3号機の曝露パレットを、船外実験プラットフォームに取り付け完了

8月1日 自身を被験者とした実験活動として、NASAの統合的心血管実験の一環で、体に電極を付けて超音波走査を行う

7月28日 午後5時23分「こうのとり」3号機に一番乗り

8月3日「きぼう」日本実験棟の低温冷却水系で、故障していたポンプの交換作業。このポンプは「こうのとり」3号機で運ばれたもの

星出宇宙飛行士をフォローしよう!

国際宇宙ステーション滞在期間中、実験の様子や宇宙での暮らしなどを星出宇宙飛行士がつぶやきます。皆さんぜひフォローください。

↓

http://twitter.com/Aki_Hoshide

画像提供:JAXA/NASA

特集

内之浦宇宙空間観測所 能代ロケット実験場 宇宙への窓を開いた半世紀

日本のロケット開発の始まりは、1955年、東京・国分寺で行われた長さわずか23㎝のペンシルロケットの水平発射実験でした。以来、実験の場は千葉へ、秋田・道川海岸へと移りました。そして60年代に入り、手狭になった道川に代わる新たな発射場やモータ（エンジン）の性能確認を行う燃焼試験場として整備されたのが内之浦宇宙空間観測所と能代ロケット実験場です。「日本のロケットの父」である糸川英夫氏の生誕100年となる今年、両施設も50年の節目を迎えます。それぞれの草創期を知る関係者の証言を通して歴史と意義、これからの役割と期待についてご紹介します。

自らタクシーを運転して内之浦に入った糸川先生

発射場が作られる前の内之浦町（現・肝付町）は、道路が未整備でタクシーも行くのを嫌がるような土地だったそうだ。しかし糸川先生は「じゃあ僕が運転するよ」と運転手さんを助手席に座らせ、自らハンドルを握って内之浦を目指した。「東大の先生が来る」と迎えに出ていた地元の人たちは、タクシーの運転席から降りてきた糸川先生にさぞ面食らったことだろう。

そうやってたどり着いた内之浦は、とてもロケット発射の適地には思えない場所だった。平地は皆無で、伏せたお椀を並べたように凹凸が多く、背後の峠には岩石が切り立っている。しかし「ここにしよう。この山を削り、その土でこの谷を埋めて……」と糸川先生はイマジネーションを膨らませた。

以降、ここを参考にノルウェーやスウェーデンのロケット発射場も山間地に作られたという。大隅半島を選んだのは、東側に海の開けた場所が必要だったことがあるが、糸川先生が非常に船酔いしやすい体質だったことも関係しているのではないか。かつて佐渡への視察では、港に着いた途端に「もう帰ろう」と言い出したと言われているし、もっとさかのぼれば戦後すぐのアメリカ渡航でも、日本を出てからサンフランシスコに着くまでずっと船酔いしていたそうだ。

いずれにせよ関門トンネルで本州と地続きの九州・内之浦から、日本初の人工衛星や科学衛星、探査機が宇宙へと飛び出して行った。

来年度からは「イプシロンロケット」の運用が始まる。1年を通じ内之浦から打ち上げが可能になり、隔世の感がある。ただ、運用性を高めたロケットなので、昔のように1カ月も2カ月も泊まりこんで地元の人達と濃い関係を結べるようなことはない。

今後は、観測ロケットやキューブサット、モデルロケットなど、宇宙を目指す若者たちが現物に触りながら場数を踏む「貴重な現場」、つまり若者を育てていく場としても、内之浦や能代が大いに機能してくれればと思っている。

今、地元の肝付町を中心に、糸川先生生誕100年を記念して銅像建立の計画が進んでいる。その像に、〝俺たちのロケットを見せてやる！〟と誓える、そんな気概あふれる人々の集まる場所として、内之浦が発展していってほしいと願う。（談）

的川泰宣
MATOGAWA Yasunori
JAXA名誉教授・教育広報アドバイザー、元・鹿児島宇宙空間観測所 所長

射場の起工を祝う内之浦町

道路工事に汗を流す内之浦婦人会の人々と糸川氏。（左写真の右から2番目）
地元の協力によって射場作りが進められ、1962年2月に開所した

発射実験の舞台は1955年8月より秋田県道川へ移った。写真は道川海岸に設営された屋外管制卓で指揮を執る糸川氏

1955年に国分寺で行われたペンシルロケットの水平発射実験

1962年10月に能代ロケット実験場開所。その当時の実験準備作業風景と（上・中央）、雪の積もるなかで行われた燃焼実験（下）

高空性能試験設備（HATS）。宇宙の真空状態を模擬してロケットモータの燃焼試験を行うことができる

世界最高の固体ロケットを生んだ「産屋（うぶや）」

私が初めて能代に出張したのは大学院生だった1971年のこと。M-4Sロケット2号機で「たんせい」の打ち上げに成功した直後だった。

Mロケットの責任者で、後に宇宙研の所長となる森大吉郎先生が旅館の一室の土蔵の中で、真ん中にダルマ（サントリーオールド）を置いて記者と差し向かい、しかしそれには手を付けずこんな話をされていた。

「内之浦は開発が完了したロケットが宇宙に嫁入りする披露宴の席だ。どんどん報道してもらいたい。しかしここ能代はいわば産屋。産湯を使うお産の場だ。命がけの仕事をする場所だ。だからここでは取材には応じられない」

それを脇で聞いていて、すっかり感激し、「俺の働く場所はここだ！」と感じ入った。以来、固体ロケットモータの研究開発に携わる者として足繁く通い、土地の水も合ったのか、能代が第二のふるさとになった。

能代は自然環境が過酷な場所だ。日本海に面した敷地は、冬場の強い季節風で戸外での作業が全くできない。建物の耐環境性が整う1990年代半ばまでは、実験場も〝冬眠〟を強いられるほどだった。

限られた予算の中、ロケットの大型化と並行して設備を徐々に拡充していったが、中でも自慢したいのはロケットモータ高空性能試験設備（略称ハッツ）だ。その基幹設備である大型真空槽は、容積475立方メートル。カマボコ状の可動式天蓋部と、床面と同レベルの固定基盤部からなる設備だ。内部に直径3m×長さ15m・推力150tまでの固体モータを収め、真空および大気燃焼試験を行うことができる。作業性も良く、所内外から高評価を得て、計画当初からかかわってきた私たちは鼻高々だった。築30年を経た今も現役で活躍中だ。

一方、諸外国ならば数十回のオーダーで実施する固体モータの燃焼実験を、予算と期間の制約から、わずか2回に収めるために私たちはこんな工夫をした。1回目は高温の燃焼ガスにさらされ焼損が進む耐熱材・断熱材の板厚を分厚くして実験し、損耗量を測定。2回目は損耗量を見越したギリギリの厚みで性能確認を行う、という方法だ。以降、宇宙研の固体ロケットモータはM-Vに至るまでこの方式で開発されてきた。

1983年5月26日の日本海中部地震では津波に襲われた。「先生、実験場がなくなっちゃったよ！」と現地職員から電話を受けたときの驚きは今も忘れることができない。人的被害がなかったのは幸いだったが、設備損傷は甚だしく、ハレー彗星探査のM-3SⅡ計画への支障も心配された。しかし所内および協力・関連企業各位の献身的な努力で燃焼試験は早くも8月に再開、事なきを得た。当事者全員が誇りとするところである。

内之浦でのMロケットの打ち上げカウントダウンの途中、松尾弘毅先生（後の宇宙研所長、宇宙開発委員会・委員長）から場内放送で呼びかけられたことが2度ある。1度目はM-3H-1号機の第1段ロケット、2度目はM-3SⅡ-4号機のキックモータだ。計画どおりの飛翔、予定通りの高性能に、松尾先生から「おいおい髙野君、たいしたことになっているようだぞ！」とリアルタイムでお褒めの言葉をいただいたことは、今も忘れられない。

M-3SⅡの運用を開始した1985年当時、宇宙研は固体ロケットモータの比推力（推進性能の指標）を0・3％以内（±1秒以下）の精度で推定できるようになっていた。M-Vロケットが世界最高の固体ロケットであると言われる背景には、こういう実力を早い時期から備えていたという事実がある。その産屋となった能代で、9月に開設50周年の式典が開かれる。懐かしい地元の皆さんとの再会が楽しみだ。（談）

髙野雅弘
KOHNO Masahiro
JAXA名誉教授、元・能代ロケット実験場 場長

チャレンジ精神を試す場として次の50年も

1955年8月6日、秋田県の道川海岸（当時は由利郡岩城町、現在は由利本荘市）でペンシルロケットの最初の打ち上げ発射実験が行われた。以来62年まで、この場所は日本唯一のロケット打ち上げ実験場として利用された。最後の打ち上げは62年5月24日のK-8ロケット10号機。残念ながら失敗し、夜間の実験場が火に包まれる大騒ぎとなった。それも、いったん海に落ちたロケットが陸に戻ってきて線路際まで達する事故だった。

もちろん事故以前から、ロケットの性能が上がり、到達距離は日本海の対岸に達するのも間近であり、新たな打ち上げ場が必要になるのは自明の状況だった。そこで、糸川先生は適地を探して全国行脚し、当時既に打ち上げ場として内之浦を選んでいた。

内之浦が射場として非常にうまく機能したのはその後の歴史が証明するが、一方で内之浦はエンジンの燃焼試験をする上で適地とは言えない。木々に囲まれた山岳地帯であり山火事の危険も大きい。しかも九州の最南端である。そこそこ交通の便が良く、1㎞四方に誰も住んでいないような場所を求め、道川で縁のあった秋田県庁の差配などもあり、県北・能代市の浅内地区が燃焼実験場として選定された。結果として道川での事故が、移転スケジュールを多少早めることになったように思う。

初めて能代を訪れたときには「これだけ敷地があれば、かなり大きなロケットまで（燃焼試験が）やれる」と感じたのを覚えている。宇宙研で設計し、メーカーで製作し、能代で実験して、内之浦から打ち上げるというサイクルは、非常にうまく回った。

内之浦でも能代でも共通していることは、地元の人たちに本当に助けられたということ。どちらも、ちょっと買出しに出るというようなことができない場所なので、昼食を用意していただいたりしたことが本当にありがたかった。迷惑をかけることもあったが、いい関係を築くことができた。この地元との関係は、かけがえのない財産であると思う。

さて、今後これらの施設をどのように利用していくべきか。外からの意見として聞いて欲しい。歴史を振り返ってみても、新しいものを作るチームは、せいぜい数人の小さなグループだ。あるいは、ものすごく思い込みが強く比類ない知識と行動力を備えた1人の人間が新しい地平を切り拓いていくものだ。内之浦や能代は、そうしたチームのチャレンジ精神を試す場として50年の年月を重ねてきた。現在、そういうチームは学生や民間などアマチュアの世界に多く存在していると思う。内之浦や能代がそういう人達も利用できるような開かれた施設として、もっといえば東に開けた海を持たない近隣諸国も受け入れられるような施設になってもいいのではないかと夢想する。（談）

秋葉鐐二郎
AKIBA Ryojiro
元・宇宙科学研究所所長。宇宙開発委員会委員を経て、現在は北海道宇宙科学技術創成センター（HASTIC）会長

誌面で紹介しきれなかったインタビューを「JAXA's＋（ジャクサスプラス）」ウェブサイトで公開中。合わせてお楽しみください。→ http://www.jaxa.jp/pr/jaxas/index_j.html

未知を求め さらなる進化を目指す

「おおすみ」打ち上げ以来、30基近くの科学観測衛星を打ち上げてきた内之浦宇宙空間観測所。科学衛星や探査機の打ち上げに使われるM型ロケットや観測ロケットの地上燃焼試験を行っている能代ロケット実験場。1962年に開所して以来、両施設は日本の宇宙科学研究を牽引してきました。現在、次期固体ロケット「イプシロン」の2013年度の打ち上げを目指して、内之浦では射場の改修が、能代では音響試験や燃焼試験が行われています。

衛星・探査機 観測装置を宇宙に送り出す

内之浦宇宙空間観測所

鹿児島県東南部の大隅半島、東側に太平洋を望む旧・内之浦町（現・肝付町）にロケット発射場が設けられたのは1962年のことでした。それから8年後の70年、幾度もの失敗の末に成功した日本初の人工衛星が「おおすみ」と名付けられたのは、地元への謝意も込められてのことでした。

開所以来、ここからは大小390機以上のロケットが打ち上げられ、30基近くの人工衛星や探査機が宇宙に旅立っています。特に97年から2006年にかけては、世界的にもユニークな全段固体の大型ロケット「M-Vロケット」が運用されました。M-Vロケットは電波天文観測衛星「はるか」、火星探査機「のぞみ」、小惑星探査機「はやぶさ」、X線天文衛星「すざく」、赤外線天文衛星「あかり」、太陽観測衛星「ひので」を宇宙に送り出し、宇宙科学に大きな貢献を果してきました。敷地内にはこれらの人工衛星や探査機の運用などのため、直径20mと34mの大型パラボラアンテナも設けられています。地球に帰還した「はやぶさ」と最後の交信を行ったのもこのアンテナです。

この秋からは、次期固体ロケット「イプシロン」打ち上げに向けた射場の改修工事が始まります。ロケット打ち上げ時に人工衛星に加わる振動や音響の条件をできるだけ小さくするため、ロケット発射装置や1段ロケットの燃焼ガスを逃がす煙道にも工夫を加えます。

「イプシロン」のコンセプトは“運用をシンプルに、設備をコンパクトに”というものです。このコンセプトを具現化しながら打ち上げを重ね、さらに小型観測ロケットの運用を続けることで、この場所をいっそう身近な宇宙への窓とできるよう、ペンシルロケットから連綿と続く歴史の息づくこの場所を次世代につないでいきます。

射場全景。左に見えるのがロケット発射装置。右に見えるのが人工衛星の追跡運用を行う34mのアンテナ

「イプシロン」は、M型ロケットで採用している斜め発射方式（左上・左下）ではなく、垂直に立てて打ち上げられる（右下・CG）

- 見学のご案内
  ロケットや科学衛星のモデル、科学機器、M（ミュー）ロケット発射装置のモデルなどを展示。見学者のためにビデオを上映できる設備もある。
- 開館時間／8:30～16:30
- 休館日／2カ月に1回の特別清掃日、ロケット打ち上げ日
- お問い合わせ／050-3362-3111

「世界一愛されているロケット発射場」

6月27日の記録的豪雨で、内之浦宇宙空間観測所（以下、観測所）でも大きな被害が出ました。観測所入口の土手が崩れ、発射設備などのある長坪地区と追跡のためのアンテナ群がある宮原地区を結ぶ光ファイバや同軸ケーブルなどの通信ケーブルを支える鉄塔も一緒に流され、九州電力からの電力ケーブルも絶たれました。さらに、長坪地区と宮原地区をつなぐ国道も崩落し、観測所はほとんどの機能を失ってしまいました。開所50年、これほどの被害は記録にありません。

ですが、復旧も凄まじい速さで進んでいます。肝付町のはからいで給水車のピストン運行もスムーズに実施でき、鹿児島県の協力で仮設の水道管が10日後には稼働を始めました。電力もあっという間に復旧しましたし、通信ケーブルの復旧も急ピッチで進めた結果、種子島からのH-ⅡB3号機の打ち上げ（追跡管制業務）に間に合わせることができました。

また、そもそもここでのロケット打ち上げでは、発射直前に宮原～長坪間を人が移動するので、道路が復旧しないとロケットが打ち上げられません。道路の復旧も進み、この豪雨被害で延期した観測ロケットの打ち上げも8月7日に実施できました。肝付町も鹿児島県も、それぞれに被害を受けていて大変なのに、「観測所は大丈夫か」「困ったら何でも言ってくれ」と声をかけてくれます。改めて地元の皆さんとのつながりの深さを実感しています。なぜこれほど深いつながりができたのでしょうか。まず、スタートが良かったのは間違いありません。糸川先生がこの地を選んだころは道路が悪く、タクシーも嫌がる「陸の孤島」と呼ばれた辺境でした。そこを宇宙への挑戦の最先端の場所にしてくれたと、糸川先生は今でも感謝されています。また、ロケット実験のため長期間投宿しますので地元の皆さんと顔なじみになります。私たちもロケットや人工衛星の話を地元の皆さんにずっとしてきました。そして成功も失敗も、温かく見守ってくれています。M-V-4号機のASTRO-Eの打ち上げでは、私はロケットの構造系と衛星の構造系の両方を担当していました。打ち上げに失敗して宿に戻ったときの私の表情は、なぐさめの言葉もかけられないような、何とも言えないものだったと後から聞かされました。私はプロ野球の広島カープには、出身地が近いので特別な思い入れがあります。内之浦の地元の方々も野球チームのファンやサッカーのサポーターのように、ロケットの成功と失敗を見守ってきてくれました。つい最近も、道ですれ違ったお年寄りに「イプシロン、はやく上げてね。ロケットがないと寂しいよ」と声をかけられました。私は内之浦が「世界一地元に愛されているロケット発射場だ」と思っています。（談）

峯杉賢治
MINESUGI Kenji
内之浦宇宙空間観測所 所長

宇宙推進エンジンの研究開発に貢献

能代ロケット実験場

古くは北前船による杉材の集散地として栄えた、秋田県・能代市。街を守るため江戸時代から植林が始まった防砂林「風の松原」の南端にあたる細長い敷地に、能代ロケット実験場が設けられています。背後の敷地に立ち並ぶ発電風車（民間の電力会社による）からも分かるように年間を通じて強い風が吹く土地で、特に冬場には日本海からの強い季節風が吹き付けます。

1962年、この場所は宇宙科学研究所（ISAS）の前身の東京大学生産技術研究所の附属研究施設の1つとして開設され、内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられてきたM型ロケットや観測ロケットの、ロケットモータ開発のための地上燃焼試験に利用されてきました。ISASの全てのロケットモータやエンジンは、ここでの試験を経て宇宙に飛び出していったわけです。

77年から液酸／液水エンジンの開発も始まり、1t、7tと規模を拡大させ、最終的には10tエンジンを完成させました。以降、エアーターボラムジェットエンジンの開発にも取り組み、液体エンジンのさらなる発展を目指しています。

再使用ロケット実験では、2003年10月にRVT-9という機体を使い、最高到達高度42mの垂直離着陸飛行をこの場所で成功させました。

現在は新型の「イプシロン」のため、小型の供試体による燃焼試験や、射点付近の音響環境を推定するための、42分の1サイズでの小型モータの燃焼試験が行われ、データが取得されています。42分の1サイズモータの試験データは、「イプシロン」打ち上げ時のペイロードに加わる振動や衝撃を最小限に抑えるための、発射台射座の設計に生かされます。

さらに、現在広く利用されているヒドラジン／N_2O_4に代わる、低毒性で運用性の高い軌道上エンジンとして、エタノール／亜酸化窒素（N_2O＝笑気ガス）による液体推進システムの実験なども行われています。

改修を重ねながら設備は拡充を続けており、新たな推進システムのアイデアを実証する場として、今後とも重要な役割を果たしていきます。

再使用ロケット実験機の垂直離着陸実験

総敷地面積約4万6,500㎡。最大で1kmの保安距離を確保できる

「イプシロン」の音響環境計測試験（上）と上段サブサイズモータ燃焼試験（下）の様子

- 見学のご案内
  施設の一部が見学コースになっている。（所要時間は約40分。要予約）
- 開館時間／9:30～17:45
- 休館日／土・日・祝祭日・年末年始
- お問い合わせ／0185-52-7123

「能代の水を産湯に使い、宇宙へ」

東京大学生産技術研究所の付属施設として設置されたこの実験場は、打ち上げ実験場が道川海岸から内之浦に移転した際、地上燃焼実験を行う施設として開設されました。

能代といえば、ご存知の方はご存知と思いますが、高校バスケの聖地です。昨年9月、全国から強豪が集う「能代カップ」の会場として使われている能代市総合体育館を主会場として、「はやぶさカプセル」の展示会が行われました。市内のプラネタリウム、地元の発電所の展示館、そして能代ロケット実験場も併せ、4会場をシャトルバスで結び、延べ2万人の来場者を迎えたイベントは大成功のうちに終了しました。「はやぶさ」を宇宙に送り出したM-Vをはじめ、ISASが開発してきたロケットは全て能代の水を産湯に使っています。

冬の日本海から吹きつける強風は非常に厳しく、海水のしぶきや砂粒の混じった冷たい強風に叩かれるため、冬場の戸外での作業が不可能となる厳しい自然条件ですが、能代ではこのような過酷な海風から市街地を守るため、「風の松原」と呼ばれる防砂林が整備されています。海岸線から幅約1㎞。南北約14㎞にわたる人工林ですが、これがあるおかげで市街地は強風から守られており、実験場もこの松原に隔てられているおかげで、比較的市街地に近接していながらそれほど騒音で迷惑を掛けずに済んできました。

2007年2月のM-V-2号機・第2段の燃焼実験をもってM-Vシリーズの燃焼実験は一区切りとなりました。以降、あまり実験をしていないのではと思われるかもしれませんが、そんなことはありません。昨年の9月には、イプシロンロケットの第2・3段に使われるモータのサブサイズモデルの燃焼試験を行いました。また、新しい複合材料や新型燃焼器の試験、将来の利用に向けた低毒性で環境負荷の低い推進薬の実験など、1年を通してほぼ毎月のように実験や試験を実施しています。

地元浅内集落の皆さんとの野球対抗戦も何度となく開いてきました。近年は、地元の高校や中学の生徒さんたちに現場体験をして頂くため、インターンシップ活動にも積極的に取り組んでいます。今後とも“ロケットのまち能代”を盛り上げることに協力していきたいと思っています。（談）

安田誠一
YASUDA Seiichi
能代ロケット実験場 場長

月の起源と進化

どこまで分かった？ 新たなナゾは？

月の起源と進化を解明するために、月周回衛星「かぐや」は元素組成、鉱物組成、地形、表面付近の地下構造、磁気異常重力場などの精密な観測を全球にわたって行いました。現在、データの解析が世界中の研究者によって進められ月の謎に迫る重要な手がかりが発見されています。「かぐや」プロジェクトにかかわり次期月探査「SELENE-2」計画着陸地点検討会の主査でもある大阪大学の佐伯和人准教授に月科学の最前線について話を聞きました。

「かぐや」データから読み取る月進化の最新シナリオ

――月の科学は今、どのような状況なのでしょうか。

佐伯　アポロ計画によってたくさんの月の岩石が持ち帰られ、多くの知見が得られました。〝アポロ計画で月はほとんど分かった〟と言われたのですが、その後、アメリカの「クレメンタイン」という探査機が月を周回しながら観測をしました。その結果、驚くような発見がたくさんもたらされました。全球の岩石の分布も分かりましたし、月の表側と裏側では地下構造も違っていました。月面の多様性が見えてきたことによって、今の月の科学は、むしろ混沌とした状態になっているといってよいでしょう。

――どんなことが月の科学の課題になっていますか。

佐伯　大きく3つあると思います。まず確認しなくてはならないのが、マグマオーシャン仮説です。これは、かつて月が内部深くまで溶けた状態になっていたという考えです。マグマの海が冷えてくるときに、斜長石が浮かび上がってきて、それが地殻を作ったと考えます。この説は正しいのか、正しいとしたら、どんなプロセスで地殻やマントルが作られたかを明らかにしなければなりません。2つ目は、ジャイアント・インパクト説です。原始地球に火星サイズの天体が衝突して月ができたとする考えです。マグマオーシャン仮説には、月を深さ数百kmにわたって溶かす熱源は何だったのかという問題があります。ジャイアント・インパクト説では、月は最初から溶けた状態で始まるので、この問題を考えなくていいわけですが、ジャイアント・インパクト説が本当に正しいかどうかは、これから確認しなければなりません。

――3つ目は何でしょう。

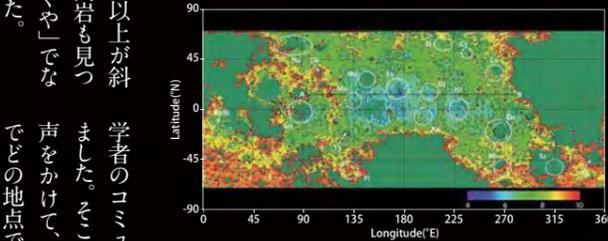
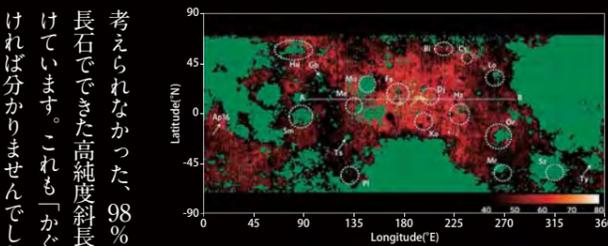
佐伯　マントル・オーバーターン説です。これは、マグマオーシャンが冷えていくときに、下にできた岩石よりもマグマの方が重くなり、ある時期に上下が入れ替わって、現在の地殻や内部構造ができたとする説です。このマントル・オーバーターンが月の表側と裏側の違いを作ったと考えることもできます。

――どれも、月の起源や進化にかかわる大きなテーマですね。

佐伯　今はいろいろな考えが可能です。どれが正しいのか証拠を集めようとしているのが、現在の状況だと思います。その中で、「かぐや」はデータの校正精度が上がるごとに、新しい成果がどんどん出ています。例えば、私も共著者になっている宇宙科学研究所の大竹真紀子さんの論文は、「かぐや」のスペクトル・プロファイラーのデータから、月の岩石に含まれる鉄とマグネシウムの比を、全球にわたって調べたものです。この結果から、地殻は月の裏側で先に固まり始めたというシナリオを描くことができます（下記画像参照）。私は、この論文は「かぐや」の最大級の成果に挙げられるのではないかと思っています。

――「かぐや」の観測装置の威力が発揮されたわけですね。

佐伯　そうですね。「クレメンタイン」では分からなかったことが「かぐや」でたくさん分かっています。大竹さんたちは、これまでは考えられなかった、98％以上が斜長石でできた高純度斜長岩も見つけています。これも「かぐや」でなければ分かりませんでした。

2012年4月英科学誌『ネイチャー・ジオサイエンス（電子版）』に掲載された研究成果。「かぐや」の分光データを解析した結果、マグネシウム（赤色で表示）が多く含まれる岩石が月の裏側（画像上）に多く、表側（画像下）に近づくにつれて少なくなることが分かった。月の形成時期にはマグマの海が表面を覆っていたと考えられているが、前期のマグマはマグネシウムの比が大きく、後期のマグマは小さくなるため、月は裏側から冷え固まって作られたというシナリオができる

次期月探査に向けた10カ所の着陸候補地点

――将来の月探査計画では、どんな場所を調べると、科学的に面白いでしょうか。

佐伯　「かぐや」の次の月探査機としてJAXAが考えている「SELENE-2」の着陸点候補を、科学者の世界で検討した結果についてお話ししましょう。惑星科学の研究をしていても、以前は鉱物学なら鉱物学の分野だけで論文を書いていたのですが、「かぐや」の成果が出始めたことによって、これまで話したこともないような分野の人と共同で論文を書くようになりました。そういうふうにして、科学者のコミュニティが広がってきました。そこで、いろいろな学会に声をかけて、「SELENE-2」でどの地点で何を調査したいのかを聞いてみたのです。すると、21グループから35件のテーマ、70カ所の着陸地点候補があがってきました。これはなかなか素晴らしいことです。これを2年間かけて、10カ所に絞り込みました。

まず、コペルニクス・クレーター、ティコ・クレーター、そしてズッキウスという地域です。これらは、月の地殻が形成された歴史や、月の表側と裏側の違い、すなわち月の二分性を調べることを目的としています。コペルニクスやティコには中央丘があります。ここは地下深くの物質が盛り上がってきたと考えられるので、ここの岩石を調べることによって、月の深い場所がどうなっているかを知ることができます。ズッキウスは月の初期の地殻が残っている場所なのではないかと考えられています。

次に、アポロ14号着陸地点、そして、湿りの海です。この場所を推している科学者は、地震探査で月の内部構造やコアの大きさを調べようとしています。アポロ14号の着陸地点は、アポロ14号の地震波のデータも利用できるという利点もありますね。

そしてマリウスヒルズ。ここは地球でいうと伊豆大島のように、マグマが噴き上がった場所ではないかと考えられています。それから、アイナという、クレーターの数で年代を調べるとごく最近まで、すなわち5000万年から2000万年くらい前まで活動していたのではないかといわれている場所です。そして、ハンスティーンアルファ。ここには月ではまれな花崗岩に似た岩石が存在しており、活発な火成活動があったと考えられています。これらは、アポロ計画などで知られた地域とは大きく異なる特徴を持つ場所です。

――いろいろ興味深い場所があるのですね。ほかにはどのような場所が。

佐伯　月の起源や進化に正面から向き合うものではありませんが、将来の月探査を見据えた新しい価値観に基づく場所です。その1つは、〝縦孔（たてあな）〟で、「かぐや」の地形カメラによって見つかりました。表面の下を溶岩が流れてできたトンネル（溶岩チューブ）に上から隕石が衝突し、縦孔ができたと考えられます。ここは科学的にも面白いですが、壁面はガラスでコーティングされているはずで、気密性があり、宇宙放射線も防げるので、将来の月面基地の候補地にもなります。それから最後は、ライナーガンマという白い渦巻状の模様のある場所です。ここには異常な磁場があり、磁場と模様の関係が注目されています。

月で起こったことは初期地球の解明につながる

――先生ご自身はどこに一番興味がありますか。

佐伯　私は中央丘を推しています。学生時代に地質鉱物学を学びましたが、野外実習で言われたのは、「転石を拾うな」ということでした。つまり、どこからきたか分からない石で研究をしてはいけないということです。その岩石が現れている場所、これを露頭といいますが、それをハンマーで叩き割って取った岩石で研究しなくてはいけないということです。中央丘は、明らかに地下の岩石が表面に現われている露頭なのです。

――月の岩石をその場で調べるには工夫が必要でしょうね。

佐伯　はい。岩石というのは、光の当たり方や岩石の表面の状態によって、見え方が違ってきます。そこで、鉱物の組成をカメラで調べる場合、岩石の表面の粗さによってどんな違いが出てくるのかをさまざまな粗さのサンプルを作って研究しています。

――月を研究する面白さは何でしょう。

佐伯　昔は、月は単純な天体と考えられ、内部構造も同心円のモデルでいいと考えられていたのですが、実はものすごく不均一だということが分かってきました。月でどんなことが起こったのかは、科学的にとても興味深い問題です。またその成果は、初期の地球の解明にも役立つと思います。一方、なぜこうした研究をしているかを考えてみると、人類の活動圏を拡大したいという思いが子どものころからあったことも関係していると思います。アポロ計画は幼児期であまり覚えていないのですが、パイオニア探査機が次々と外惑星の秘密を解き明かしていたので、大人になるころには月に住んでいるだろうと信じていました。月面基地を早く建設してもっと先に行きたいという思いは今もあります。

――今後の月・惑星探査について取り組みたいことを教えてください。

佐伯　以前は、各プロジェクトにかかわる科学者は分かれていたのですが、最近では同じ科学者が、例えば「はやぶさ」と「かぐや」の両方を担当するという例も出てきて、情報を共有できる仲間がだんだん増えてきました。カメラならカメラのエキスパートのグループを作って、どんな探査計画にも人を出せるような体制を作りたいと思っています。日本のように科学者や開発者の数がまだ少ないところでは、そういうことがぜひ必要だと思います。

佐伯和人
SAIKI Kazuto
大阪大学大学院
理学研究科宇宙地球科学専攻
准教授

佐伯准教授が注目する探索ポイント

画像提供：JAXA/NHK

ティコ・クレーターの中央丘
月の表側南半球にあるティコ・クレーターの中央丘。頂上はクレーターの底から2480mの高さ。隕石衝突のリバウンドによって隆起し、地下5～30km深くの物質が露出しているとされ、月の内部を調査できる重要な場所の一つ

画像提供：JAXA/NHK

マリウスヒルズ
過去の活発な火山活動によって出来た数百個の小型火山があるマリウスヒルズ。「このエリアでは、溶岩が吹き上がるような噴火が起きたと考えられています。揮発成分が関与した火山活動のメカニズムが分かるのではと期待しています」

画像提供：NASA/GSFC/Arizona State University

縦孔
宇宙科学研究所の春山純一さんが世界で初めて発見した月の縦孔の一つ。直径約100m。この画像は「かぐや」の情報をもとに米国の月探査機LROが撮影したもの。「月全球で3カ所しか見つかっていないので、少なくとも1つは日本の有人月基地として押さえておきたい所です」

高度400kmを目指し合体せよ！
「こうのとり」
H-II Transfer Vehicle

全機結合が完了した「こうのとり」3号機

2012年7月27日、宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機（HTV3）は、国際宇宙ステーション（ISS）へのドッキングに成功。星出彰彦宇宙飛行士らによって、地球からの荷物がISSに運び込まれた。

写真はさかのぼること5カ月前の2月、種子島宇宙センターに勢ぞろいした、結合前の「こうのとり」3号機の各パーツだ。左奥に軌道変更や姿勢制御のための推力を発生する「推進モジュール」、中央にISS船外用の実験装置を運ぶ「補給キャリア非与圧部」、そして一番右に船内用の実験装置や食料などを積み込む「補給キャリア与圧部」が鎮座する（推進モジュールに隠れて、「電気モジュール」も並んでいる）。1号機、2号機との大きな違いは、メインエンジンやスラスタ、通信装置が国産化されたこと。軌道間輸送のキーテクノロジーの獲得は、地球へ物資を回収できる「HTV－R」や、有人宇宙船の開発につながる大きな一歩だ。

「こうのとり」は今後も、年1機程度打ち上げられていく。地球と宇宙を行き来する姿を見る日も、そう遠くないはずだ。

画像提供：山根一眞

日本の空、世界の空を、安全快適に結ぶ
次世代運航システム「DREAMS」プロジェクト

産業、技術、人材の交流を支える航空輸送は、中国・アジア経済の発展を背景に拡大しており2030年には世界の航空交通量は現在の2倍になるとされている。空の混雑を回避するためには、航空機の運航と安全に関して革新的な運航システムの開発が急務だ。JAXAが取り組む次世代運航システム「DREAMS」について、張替正敏プロジェクトマネージャに聞いた。

各国が取り組む空の2030年問題

もし航空運航システムが今のままなら、やがて日本のみならず世界の空が需要に追いつけない状況に陥ってしまうだろう。予測によれば、人や物資の移動量が増えるだけでなく、航空機が大型機から小～中型機へシフトすることで、世界全体で毎年5％ずつ運航数（便数）が増加しており、2030年ごろにはおよそ2倍になるというのだ。

そこで、民間航空機の運航ルールを制定する国連機関、ICAO（※1）は、2003年に「グローバルATM運用概念」を提示し、〝空域をダイナミックに利用する〟〝全天候下での空港利用〟〝柔軟なスケジュール管理〟など、将来の航空機運用における提言を行った。ICAOの提言に基づき、各国は将来の航空輸送量増加に対応するシステムの研究開発に着手。アメリカでは「NextGen」プログラム、ヨーロッパでは「SESAR」プログラムと呼ばれるプロジェクトが進行中だ。

日本でも、国土交通省が中心となって「CARATS」プログラム（※2）を推進している。「CARATS」では、安全性の向上や航空交通量増大への対応、利便性の向上、運航効率性の向上、環境への配慮などの目標が掲げられている。JAXAは「CARATS」と連携し、将来の航空交通に対応する技術を確立すべく「DREAMS」（※3）の研究開発に取り組んでいる。

就航率向上から災害時の最適運航まで5つの根幹技術

「DREAMS」が目指すのは、「気象情報技術」「低騒音運航技術」「高精度衛星航法技術」「飛行軌道制御技術」そして「防災・小型機運航技術」という、5つの技術の確立だ。

「気象情報技術」は、さまざまな気象状況から後方乱気流リスクの予測を行う技術だ。後方乱気流とは、航空機が飛行する際に翼の後方に発生する渦のことで、後から来た別の航空機が後方乱気流に接触すると、揚力が急激に変化して大きなトラブルにつながる。現在、航空機は後方乱気流を避けるため、余裕を持って約2分の間隔（大型機の場合）を空けて離着陸することになっているが、後方乱気流に遭遇するリスクを正確に予測できれば離着陸間隔を短くすることが可能。離着陸の間隔を平均で10％程度短縮すれば、空港は現在よりも多くの航空機を受け入れることができる。

「低騒音運航技術」は、飛行経路の周辺地域への騒音影響を低減する技術。騒音影響は航空機が飛行するたびに蓄積していくことから、影響を受ける地域の面積や回数、時間などを考慮する必要がある。

「風の向きや強さ、大気の状態などから最適な経路を算出し、航空機を誘導することで、騒音の影響を減らすことができる。私たちは交通量が1・5倍に増えても現状と同等の影響に抑えることを目指しています」（張替プロジェクトマネージャ）

最適な経路を飛行するための支援技術が、「高精度衛星航法技術」だ。航空機が航法に利用するGPSなど人工衛星からの信号は、電離圏に発生するプラズマバブルなどの影響を受け、誤差が生じる場合がある。衛星航法システムと慣性航法装置などを組み合わせて、より精密で信頼性の高い航法の実現に取り組む。

「飛行軌道制御技術」は、導き出された最適な経路での飛行を実現させる制御技術だ。最適化された飛行経路は直線ばかりとは限らない。操縦の難しい曲線経路で飛行することも求められる。難しい操縦を補助する、あるいは自動での飛行を行い、より安全な飛行の実現を目指している。

「防災・小型機運航技術」は、主にヘリコプターの運航管理を迅速かつ安全に行うための技術で、他の4技術とは異なり、災害などの非常時を想定したものだ。災害が発生すると、支援のためにヘリコプターが被災地に飛来する。その際に、各機と対策本部とが必要な情報を共有し、的確な指示を出すことで、無駄な待機時間や事故の危険性を減らす。具体的には、全国の災害支援を行うヘリコプターにあらかじめ情報端末を設置しておき、災害発生時には端末を通じて情報の共有と迅速な指示の伝達を行う。情報端末を装備していないヘリコプターに対しては、携帯用端末を用意する。東日本大震災時のヘリコプター運用データを基にしたシミュレーションでは、各機の待ち時間を45％低減させ、運用効率は1・5倍に向上するという結果が出た。

「私たちが取り組む防災・小型機運航技術は、アメリカのNextGenプログラム、ヨーロッパのSESARプログラムにはありません。しかし、防災技術はどの国でも必要とされるものであり、有用性が認められれば世界で使われるわが国オリジナルの技術となる可能性があります」

2015年までに技術を確立国際貢献も視野に

「DREAMS」は2009年半ばから技術目標や概念などが作られ、2010年の「CARATS」で長期ビジョンが示されると同時に計画がスタート、現在は研究段階を終え、システム設計・製作、実証実験の段階にある。今後、大規模かつ継続的な実証実験を行い、2015年までに国際規格団体への提案や民間企業などへの技術移転を目指している。

「DREAMSの技術が確立すれば、日本に似た環境の地域、たとえば東南アジアなどの空港に対しても応用できる。日本の航空産業全体を活性化させるとともに、技術を持たない他の国々へ支援することで、国際貢献の一翼を担うことになるはずです」

張替正敏
HARIGAE Masatoshi
「DREAMS」プロジェクトチーム
プロジェクトマネージャ

※1 International Civil Aviation Organization：国際民間航空機関
※2 Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems：日本の航空交通システムの変革に向けた長期ビジョン
※3 Distributed and Revolutionarily Efficient Air-traffic Management System：分散型高効率航空交通管理システム

「DREAMS」プロジェクトの実施例

空港容量の拡大

後方乱気流との遭遇リスク予測に基づく管制指示により、離着陸間隔の平均10％短縮を確認。

低騒音運航

交通量1.5倍でも現状（点線）と同等の騒音影響（実線）にとどめられることを確認。

救援航空機の最適運航

防災・小型機運航技術（D-NET*）により、東日本大震災の運航実績と比較して、運用効率（任務達成数）の46％向上を確認。

*D-NET... Disaster relief NETwork

東日本大震災における救援航空機の運航実績（発災翌日のデータ）

	任務達成数 回/機	無駄時間［時間/機］			異常接近［回/機］
		任務割当待	空中待機（離着陸待等）	地上待機（給油待等）	
D-NETなし	3.0	5.29	0.24	1.25	6.8
D-NETあり	4.4	3.42	0.09	0.19	3.0
導入効果	＋46％	−35％	−62％	−85％	−57％
		計 −45％			

重量のある工作機械を一階に、事務所や会議室を二階に置くのは広くはない敷地を生かすための、多くの町工場に共通するレイアウトです。「仕事とは二階建ての家のようなもの。一階には現実が、二階には夢がある」という小説『下町ロケット』の一節は、そんな背景を踏まえたものかもしれません。さて、どこにでもあるような町工場の、宇宙との意外なつながりをご紹介しいっそうの飛躍を応援する「宇宙に飛び出すメイド・イン・ジャパン」。今回は若手経営者が腕をふるう、ともに二階建ての2つの町工場を訪ねました。

海外の航空宇宙関連企業からも注目 少量で付加価値の高い製品を生み出す

株式会社 由紀精密（神奈川県・茅ヶ崎市）

東海道本線の茅ヶ崎駅から北にひと駅。住宅地を貫く相模線の北茅ヶ崎駅の西側には、チタン精錬や工業用カーボン、真空機器などの大工場と、そのスキマを埋めるように集積する中小工場群が広がっています。砂混じりのビーチとは対照的ながら、これもまた茅ヶ崎を象徴する風景なのかもしれません。その路地先の奥まった一角に、町工場マニア（いるとすれば）の間では有名な由紀精密があります。

ふつう町工場は、直接の取引先でもない限りその存在を世間に知られることはないのですが、同社は、腕に覚えのある町工場が自作したコマを持ち寄ってベーゴマのように戦わせる「全日本製造業コマ大戦」で優勝、賞品として参加者のコマを総取りするという痛快な勝ちっぷりで一気にその名を全国にとどろかせました。

「もともと技術プレゼン用に精度の高い小さなコマを作っていたんです。うまく回せば3分間ぐらい回ってくれる。主催者の方はそれをヒントに、このイベントを思いついたとおっしゃってまして、だからうちは初開催なのに防衛戦（笑）。優勝できてホッとしました」（常務・大坪正人さん）

一方、航空宇宙業界のプロたちの心をつかんだのが、エンジン部品などに使われるインコネルという特殊な金属の丸棒から作った加工見本（写真2）。素人目にも不思議な形ですが、素材の難しさを知るプロからの評価はさらに高く、大手工作機械メーカーの加工コンテストで見事金賞に輝きました。内外の航空宇宙関連の見本市でも非常に人気が高かったそうです。

「金属は硬いように見えても実は柔らかいんですね。精度が1000分の1ミリ台になると、もうグニャグニャです。そういう柔らかいものを精度良く作るのはすごく難しいことなんです。小さい工場なので、数をこなすのは得意ではありません。量は少ないが要求レベルの高い注文に応え、価値を認められる会社にしていきたい。航空宇宙関連の仕事に積極的にかかわろうとしているのは、そのためなんです」

ホームページでの情報提供もからめた巧みなプレゼンで高い技術力をアピールし、海外の航空部品メーカーとの取引や技術系ベンチャー企業による超小型人工衛星筐体などフライト品も手がけるようになりました。

ある測定システムを同社に依頼したJAXAの担当者も「技術力はもちろんですが、加工法や材料についての知識をもとに、予算を抑える工夫をいっしょにしてくれる点が、とてもありがたい」と信頼を寄せています。

大坪さんは、“失敗学”で知られる畑村洋太郎先生に師事、大学では電子ビームを用いたナノ加工などを研究テーマとしていました。大学院を卒業後は生産技術のIT化を目指すベンチャー企業、インクスに就職。新工場の企画を任されるなど腕を振るいました。由紀精密を継ぐため退職はしたものの、今もインクスの監査役として経営にかかわっています。

「切削油の匂いが原体験」という3代目の正人さんと、「頼りなげに見えることもあるだろうに、口出しはしない」（正人さん談）姿勢で見守る社長の由男さん。“100年続く町工場”を目指す同社の、宇宙へのチャレンジが続きます。

1 大坪正人さん（右）、父で社長の由男さん（中央）、写真は創業者で祖父の三郎さん 2 2008年の航空宇宙展に出品した試作品。来場者の反響を呼んだ。森精機製作所主催の「2009年切削加工ドリームコンテスト」試作・テスト加工部品部門で金賞受賞 3 創業当時から使っている工作機械も現役で活躍中 4 由紀精密の技術が結晶した「SEIMITSU COMA」。3分以上も回転し続ける。詳細はhttp://store.branchproducts.com/

電子ビーム溶接の技で「はやぶさ2」ミッションを支える

東成エレクトロビーム株式会社（東京都・西多摩郡）

首都圏を遠巻きにする国道16号線を時計の文字盤に見立てると、10時の辺りに米軍横田基地の巨大な飛行場が位置しています。その少し北側にある工業団地の一角に、東成エレクトロビームの本社工場があります。

同社が強みとするのは「電子ビーム溶接」という耳慣れない加工法です。溶接といえば顔を覆うマスクをして火花を飛ばすというイメージがありますが、ガスや電気の代わりに、細く絞った電子ビームをワーク（被加工物）に照射し、その際に生じる高熱で微細な溶接加工を行うというものです。それをそのまま社名としたわけです。

「自動車メーカー在籍時に電子ビーム加工に出合った父が、その可能性に魅せられて、1977年に電子ビーム溶接の専業工場として創業した会社です。加工機1台、貸工場でのスタートでした」

取材のつい2週間前、創業者で父の上野保さんに代わって新社長となった息子の上野邦香さんが説明を続けます。

「電子銃とワークとの間には、電子を加速するため最大15万ボルトの電位差をかけ、電子の速度は光速の3分の2に達します。電磁レンズを使ってビームの太さを直径0.2㎜まで絞り込めるので、エネルギー密度でいうと、電気火花を飛ばすアーク溶接の約5000倍という高エネルギービームになります。そのビームを、さまざまな素材に対し、さまざまな要求に合わせて使いこなしてきた経験とノウハウが、わが社の強みなんです」

その特殊な加工法が、極めて特殊なミッションに活用されるケースを1つ、ご紹介しましょう。

2014年打ち上げ予定の小惑星探査機「はやぶさ2」のハイライトとなるのが、衝突装置で人工クレーターを作るというタスクです。衝突装置は、じょうご型の構造体の内部に爆薬を詰め、表面に銅板でフタをしたような作りとなっています。探査機本体が小惑星の陰に隠れている間に爆薬に点火し、銅板を秒速約2㎞で小惑星表面に衝突させ、表面を掘り返す……。この衝突装置の、ステンレスの構造体と銅板の接合という非常にクリティカルな部分、つまりミッションの成否を握る接合を、同社は担当しているのです。

難しいのは、直径30㎝の銅板をぐるりと一周（1m近くになります）にわたり一様な強度で、異種金属であるステンレスと溶接することです。

「素材が違うと、加工中の熱の逃げ方も違ってきます。ビームの先を、接合部にピタリと合わせるばかりでなく、素材によってはミクロン単位でどちらかにシフトさせたりするのも、加工ノウハウの1つです。デフォーカスといって、ビームの最も細くなる部分を手前に持ってきたり奥に置いたり。ワークの回転速度や加速電圧、電流など、加工に当たっては非常に多くのパラメータを制御していかなければなりません」

技師長の進藤稔さんは、そんな表現で電子ビーム溶接のノウハウの一端を垣間見せてくれました。「はやぶさ2」の衝突装置に関しては、実大の爆破実験にも成功しており、不安はないそうです。

「特殊な加工だけにいつも任されるのは最終段階。失敗すれば損害額の大きい加工ばかりをやってきたことで、腕が磨かれました」

大手半導体メーカーでエンジニアとして経験を積んできた社長の上野さんは、大企業の中にいるのでは味わえない自由と責任を、シビれるほど感じているといいます。

話を聞かせてもらった同社の本社工場も、やはり2階建て。会議室の壁には、さまざまな表彰状や記念写真、そして中には伝説のF1ドライバー、アイルトン・セナと中嶋悟の色紙も飾られていました。ショーケースには、バラエティに飛んだ業種にまたがる加工サンプルが収められています。かつて見た夢も、これから見る夢も、2階の部屋の壁いっぱいに広がっている、ということになるでしょうか。

1 上野社長（左）と技師長の進藤さん（右） 2 電子ビーム溶接機で加工中。右上のモニターを見ながら材料とビームの照射位置を確認する 3 銅とステンレスを溶接したテスト品。「はやぶさ2」の衝突装置もこの異種金属の組み合わせで構成される 4 超微細なレーザーで、金属の丸棒の一部をバネのように加工

宇宙の平和利用と国際協力を推進するために

2012年6月、世界71カ国が加盟する「国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）」の議長にJAXAの堀川康技術参与が就任しました。1959年に国連に設置された同委員会で日本人が議長になるのは初めてのことです。持続可能な宇宙利用のためのガイドライン作りなど議長としての取り組みについて話を聞きました。

堀川 康
HORIKAWA Yasushi
技術参与
国連宇宙空間平和利用委員会
議長

――COPUOSとはどういう組織なのでしょうか。

堀川　国連常設の委員会で、「宇宙空間平和利用委員会」といいます。国連の中のある組織に属しているのではなく、完全に独立した委員会です。毎年委員会でまとめた報告書が国連総会で決議されるという形になっています。その目的は、宇宙空間の平和的利用の促進、国際協力の推進、それから宇宙空間を利用するに当たっての規範作りです。1961年に第1回会合が開かれ、昨年50周年を迎えました。加盟国は現在71カ国です。

――具体的にどのような活動をしていますか。

堀川　67年に、宇宙を平和的に公平に使いましょうという「宇宙条約」ができました。その後、宇宙飛行士がどこかに着陸した場合の救助・返還を定めた「宇宙救助返還協定」、宇宙に打ち上げた物体が落下して損害を与えた時の「宇宙損害責任条約」、宇宙に物体を打ち上げた時の「宇宙物体登録条約」、そして月を恒久的にみんなの財産として利用しましょうという「月協定」が84年にできたのですが、それ以降新しい条約はありません。いろいろな条約を作る必要性はあると思われますが、国によって意見が異なり、なかなか話がまとまらないのです。

そこで最近では、条約よりも柔らかい、いわゆる〝ソフトロー〟を作るようになっています。ある問題について宣言文を作るとか、ガイドラインを作るとか、原則を作るということです。COPUOSで作った原則で有名なのは、リモートセンシングの原則、原子力発電の原則、放送衛星の原則などです。2007年には、宇宙デブリのガイドラインもできました。

――日本はCOPUOSにいつから参加しているのでしょう。

堀川　60年の準備段階から参加しています。ですから50年の歴史があるのですが、委員会の議長を務めるのは私が初めてです。COPUOSには本委員会のほか、法律小委員会や科学技術小委員会などがあり、それぞれ新規議題について議論をしています。その議論をレポートとしてまとめ、秋の国連総会に出します。そうした委員会での議論をリードしていくのが私の役目です。

――現在、特に議論されている問題は。

堀川　宇宙の持続的な利用です。たとえば宇宙デブリがどんどん増えていくなかで、宇宙の利用をどうしていけばいいのか。いかなる国も制約を受けることなく宇宙を利用することができるのですが、それを放っておくと宇宙は混み合ってしまい、利用できなくなる心配があります。そこで去年、デブリの問題も含めて宇宙の利用を持続的に行うための議論を行うワーキンググループが科学技術小委員会にできました。そこでは4つの問題が議論されています。1つ目は、地上の持続的な発展のため宇宙をどう利用すべきか、2つ目は宇宙デブリや宇宙の監視、3つ目は太陽活動や宇宙放射線などの宇宙天気、4つ目はそのルール的な枠組みの検討です。ここでの議論をふまえたガイドライン作りが行われていて、2014年に最終報告をまとめる予定です。このまとめ作業を促進していくことも私の重要な役割です。

――宇宙デブリは大きな問題なのですね。

堀川　多くの国が心配しています。先進国はデブリをなんとか減らさなければいけないと考えているのですが、減らす方法はまだ研究段階です。これ以上増やさないようにしようと、いろいろな国が人工衛星を打ち上げる時に、デブリが増えないように技術移転を図ろうと考えているのですが、問題がないわけではありません。途上国の中には、これまで先進国が宇宙を利用してきたのだから先進国がその責を負うべきだ、という意見もあります。二酸化炭素排出の問題と同じですね。宇宙デブリの削減と、宇宙技術の社会生活への利用の両立を図ることが重要です。

――COPUOS議長として今後の抱負を聞かせてください。

堀川　私が議長になった背景には、長い期間にわたる日本の宇宙活動の実績があると思います。そういう意味で、日本の活動に期待が寄せられています。特に、宇宙の持続的利用をいかに地上の発展に貢献させていくかは、任期である2年間の私の大きな課題だと考えています。

2012年6月にウィーンで開会した
国連宇宙空間平和利用委員会で議長に就任。
左から、国連宇宙部土井宇宙応用課長と、堀川技術参与

ペンシルロケット鑑定団がゆく！

国分寺で実射された記録が残るペンシルロケット２機。ともに個人蔵

集められたペンシルロケットの数々

相模原キャンパス特別公開と市立博物館での企画展

ここのところ毎年、「海の日」の翌週の金・土に行っている相模原キャンパス特別公開ですが、今年も7月27日（金）と28日（土）に行われました。狭いキャンパスでは大勢の来場者をお迎えするのに限界があることから、最近では隣接する相模原市立博物館や東京国立近代美術館フィルムセンター相模原分館、そして相模原市立共和小学校の協力を得て、会場の分散化を図っています。パンフレットの配布部数によると、来場者は金曜が6,146名、土曜は7,699名で合計1万3,845名です。パンフレットだと1家族で1枚とか2日目には受け取らなかったりと漏れがあるので、特に土曜はこの数字よりもかなり多い来場者をお迎えすることができたのではないかと推定しています。

例年特別公開の際には、常設展示の重要な位置を占める宇宙科学の歴史に関するコーナーが貧弱になることから、今年は相模原市立博物館で特別公開に合わせて、企画展「宇宙科学の先駆者たち～糸川英夫と小田稔～」を開催しました。今年7月20日に生誕百年を迎えた「日本の宇宙開発の父」こと糸川英夫先生と、X線天文学を発展させた小田稔先生に焦点を当てたもので、目玉展示はもちろんペンシルロケットです。

さまざまな種類が存在するペンシルロケット

ところが、JAXA宇宙科学研究所ではペンシルロケットの実機を1機も所有していません。常設展としては長らく、国立科学博物館に展示されている1機と、日産荻窪工場跡地の青梅街道沿いに残された「ロケット発祥之地」碑に埋め込まれたもの（ただしガラスが曇っていて内部はよく見えない）があるのみでした。このように、たくさん作られ、試験も多くが陸上で行われて機体が回収されたにもかかわらず、ペンシルロケットの実機を見る機会は多くありません。スミソニアン航空宇宙博物館に保管されている物もレプリカです。

さらにペンシルロケットは1種類ではありません。全長23cmのスタンダードペンシルだけでなく、全長を30cmに伸ばしたペンシル300や、下段にブースターを付けた2段式ペンシル、実射はされなかったもののブースターを3つ束ねたクラスターペンシルなどが存在します。また、同じスタンダードペンシルでも、推薬の量（長さが120mmあるのがFull、半量の60mmのものがHalfで、それに応じてノズル形状が異なる）、先端部分が着脱できるかどうか（2ピースは2、3ピースは3）、尾翼の取付角（0は0°、2は2.5°、5は5°）、先端部分の材質（鉄はS、ジュラルミンはD、真鍮はB）に応じて、Full-30SやHalf-22Dなどと呼ばれています。先端の材質を変えることで重心の位置を変え、尾翼の取付角を変えることで空力性能を確認しようとしたようです。無尾翼の物も実験に用いられたと記録にあります。

類は友を呼ぶペンシルロケット探し

転機が訪れたのは2010年10月25日のことです。国立科学博物館の「空と宇宙展」の内覧会で偶然にお目にかかった来場者（品川の鉄スクラップ問屋のご子息）がペンシルロケットの実機をお持ちで、ご厚意で2011年1月から相模原キャンパスの展示室に実機を常設展示してきました。この機体はHalf-30Sで、尾翼には横向きにしたときに読める向きに、上下の尾翼に黒で「26」、これに加えて上側の尾翼には「上」と書かれており、先端を上にしたときに読める向きに赤で「6」と書かれています。『生産研究』（東京大学生産技術研究所発行）の記録との照合の結果、この機体は国分寺で1955年4月19日の11時22分に実射されたHalf-30S-26そのものだと考えられています。

展示を始めると、他にも所有者がいるという噂が伝わってくるようになりました。また、比較することで鑑定が容易になります。一方、個人所有だと、どの種の機体なのかがよく分かりませんし、人目に触れる機会も限られます。そこで、これを機に現存するペンシルロケットを少しでも多く1カ所に集め、カタログ化するとともに、多くの人に見ていただこうと考えました。糸川先生の生誕百年の機会を逃すと次の機会はもうしばらくないでしょう。そこで、所有者を訪ねて意図を説明し、借用書と引き換えに実物をお借りし、別の所有者の心当たりについてお伺いするという作業の繰り返しが始まりました。

面白い再会もありました。ある方からお借りした機体には尾翼の上下に黒で「23」、上側に「上」、尾翼の裏に赤で縦に「5」と書かれていました。『生産研究』の記録とも符合することから、4月18日の14時36分に実射されたHalf-30S-23そのものだと考えられています。現在の所有者が件の鉄スクラップ問屋の方と懇意にしていたことから譲り受けたのだそうで、おそらくは近いところに置かれていた23号機と26号機が五十余年の時を経て再会したようです。

また、国立科学博物館の機体には尾翼には黒で「6」、赤で「PK」の文字が共に先端を上にしたときに読める向きに書かれています。上記2機との比較から、国分寺で4月12日の15時5分に実射された最初の機体であるFull-30S-6なのかなとも思います。赤で書かれた数字や記号の意味は未だに分かりません。

このようにして最終的にはスタンダードペンシルを10機（国分寺で実射された記録が残るもの2機を含む）、ペンシル300を1機、2段式ペンシルを2機、クラスターペンシルを1機、相模原市立博物館の特別展示室に展示することができましたが、存在が確認されながらお借りできずに終わったものも1機あります。機体は集まり、証言や記録も断片的に集まり始めていますが、本格的な鑑定はこれからです。

阪本成一
SAKAMOTO Seiichi
宇宙科学研究所教授/宇宙科学広報・普及主幹。専門は電波天文学、星間物理学。宇宙科学を中心とした広報普及活動をはじめ、ロケット射場周辺漁民との対話や国際協力など「たいがいのこと」に挑戦中。写真は企画展の展示会場。筆者の前にあるのは再現された管制卓。そしてペンシルロケット50周年記念再現実験の際に実射された機体17機が並ぶ

JAXA最前線

INFORMATION 1

「こうのとり」3号機 大気圏再突入へ

7月21日にH-ⅡBロケット3号機によって打ち上げられた宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機は、日本時間7月27日午後9時23分に国際宇宙ステーション（ISS）のロボットアームにより把持（はじ）され、28日午前2時31分にISSとの結合を完了。星出宇宙飛行士らクルーによって、「水棲生物実験装置」や「小型衛星放出機構」と3つの小型衛星などがISSへ運び込まれました。引き続き廃棄するための不用品を積み込む作業が行われており、9月7日にISSを離脱、8日に大気圏への再突入を予定しています。再突入時には、官民協力のもと開発された再突入データ収集装置「i-Ball」が、再突入機のための設計用データ取得を目指します。最後まで皆様の応援をどうぞよろしくお願いいたします。

「こうのとり」3号機の最新情報は、下記ウェブサイトで随時お届けしていきます。

http://iss.jaxa.jp/htv/

「こうのとり」3号機に入室するクルーをモニタする、筑波宇宙センターのHTV運用管制チーム

ISSに結合した「こうのとり」3号機

INFORMATION 2

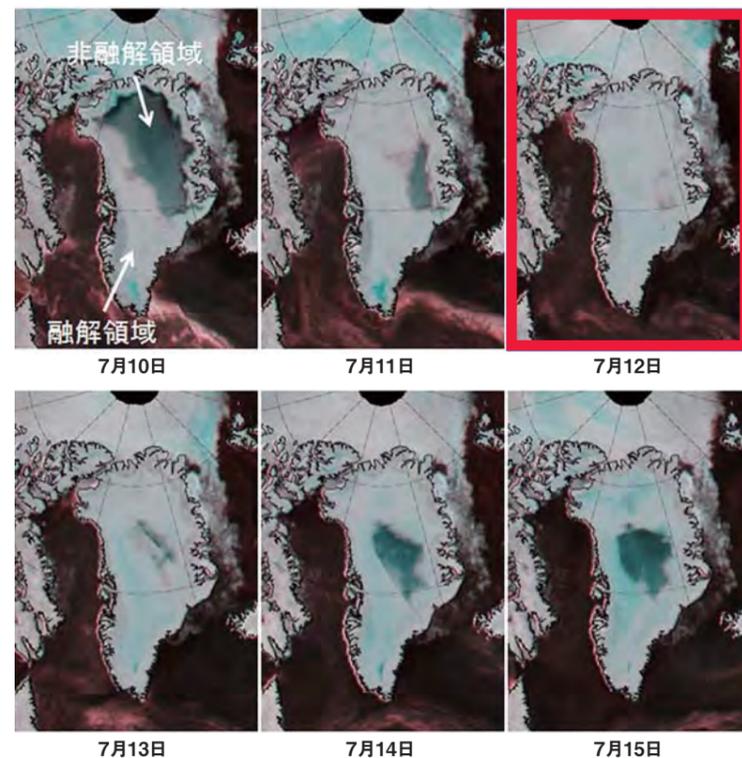
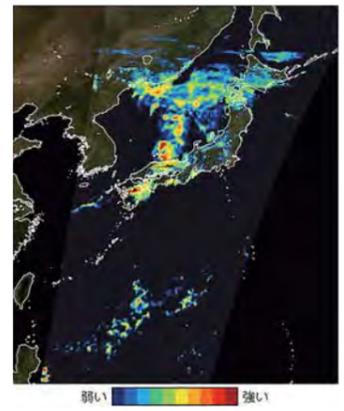
「しずく」、A-Train軌道投入成功 AMSR2の観測データを取得

2012年5月18日に種子島宇宙センターから打ち上げられた第一期水循環変動観測衛星「しずく」は、6月29日にA-Train軌道に投入された後、搭載している高性能マイクロ波放射計AMSR2で、7月3日より地球の観測を開始しデータを取得しています。「しずく」は8月に所定の初期機能確認を終え、今後はデータの精度確認やデータ補正などを行う初期校正検証作業を進めていく予定です。

7月10日

7月11日

7月12日

7月13日　7月14日　7月15日

「しずく」が観測した7月10日から15日のグリーンランド氷床表面状態の変化。12日には融解領域（氷床表面が湿っている状態）がほぼ全域となった様子を捉えた。通常は夏季でも表面が凍結状態にあるグリーンランド氷床の内陸部まで融解領域が広がった可能性が高いと考えられ、14日以降は再び非融解領域が拡大していったことが分かる

7月に九州地方を襲った記録的豪雨。画像は12日午前2時ごろに日本上空を通過した「しずく」が観測した雨の様子。青色から緑色は弱い雨、黄色から赤色が強い雨を示している。熊本から大分にかけての九州地方を中心に、広い範囲で強い雨が降っていたことが分かる

INFORMATION 3

「飛翔」飛行実証実験 本格スタート

新しい飛行技術の実用化には、実際に飛行することによって実証・実験を行うことが重要です。日本の航空技術をさらに高めていくために2012年2月に導入したJAXAの実験用航空機「飛翔」が、7月22日から本格的な飛行実証実験を開始しました。今回の試験では、今後の飛行試験で使用する計測機材を搭載して機能や信頼性の確認を行い、またJAXA名古屋空港飛行研究拠点内の飛行実験統制室で、これら計測機材のデータが正常に受信できるかを確認しました。今回の実験後は、D-SENDプロジェクトで使用するGPS/INS複合航法装置の検証や、DREAMSプロジェクト（12〜13ページ参照）の一環としてGPSなどの衛星航法への電離圏異常の影響を調査するなど、「飛翔」を多岐にわたって活用していく予定です。

激励に訪れた大村秀章愛知県知事（右）とJAXA中橋和博理事（左）

県営名古屋空港から飛び立つ「飛翔」

INFORMATION 5

名古屋市科学館と 相互協力に関する協定書を締結

JAXAと名古屋市科学館は、宇宙航空分野における科学教育に関し、それぞれが有する普及啓発手段や研究成果などを基盤として、包括的な連携協力を効果的に実施するため、相互協力協定を締結しました。名古屋市を中心とする愛知県は航空宇宙産業が非常に盛んな地域であり、宇宙航空分野の研究開発活動は今後さらなる発展が期待されています。JAXAと市科学館は本協定に基づき、相互の施設や資料・人材を活かして、宇宙飛行士や研究者による講演会の実施、市科学館の展示への資料・映像提供を通じ、子どもたちの宇宙航空への夢を育む事業を実施するなど、魅力ある取り組みを積極的に進めていきます。

名古屋市科学館の石丸典生館長（右）とJAXA加藤善一理事（左）

INFORMATION 4

JAXAシンポジウム2012 in 東京開催

7月4日、JAXAシンポジウム2012 in 東京「宙（そら）から視（み）る、宙（そら）をつかう」が開催されました。第1部では、『〝水の惑星（ほし）〟のメカニズムにせまる「しずく」』として、第一期水循環変動観測衛星「しずく」の中川敬三プロジェクトマネージャと、東京大学の沖大幹教授のトークセッションが行われました。中川プロジェクトマネージャからは、「しずく」が気候変動を精密に捉えることで、天気予報の精度向上や干ばつの予測など私たちの暮らしに貢献していくことが紹介されました。また沖教授からは、日本経済と世界の水循環は密接に結びついており、世界の水問題を解決するために「しずく」の活躍に期待しているとエールが送られました。第2部の『宙（そら）を匠（つく）るひと〜星出飛行士、宇宙へ』では野口聡一宇宙飛行士が登場し、星出彰彦宇宙飛行士が長期滞在中に行う宇宙実験の紹介や、宇宙ステーション補給機「こうのとり」の技術がアメリカのドラゴン宇宙船にも採用されていることなどを紹介。「シンポジウムをきっかけに宇宙開発に興味を持っていただき、皆さんの意見を聞きながらそれに応えられるよう頑張っていきたい」と締めくくりました。

9月19日には福岡市で、9月21日には札幌市で開催いたしますので、ぜひご参加ください。

「しずく」をテーマにトークセッション。右から沖教授、中川GCOMプロジェクトマネージャ、フリーアナウンサーで気象予報士の山田玲奈氏、JAXA広報部・佐々木薫企画・普及グループ長

約1000人の来場者で満席になったメルパルクホール東京

星出宇宙飛行士のミッションを解説する野口宇宙飛行士

●JAXAシンポジウムのお申し込みはこちらから

福岡　https://www.science-event.jp/jaxasympo2012/fukuoka/

札幌　https://www.science-event.jp/jaxasympo2012/sapporo/

モバイル　http://mobile.jaxa.jp

JAXA's
宇宙航空研究開発機構機関誌 No.046

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー

2012年9月1日発行

ニコニコ生放送「JAXA宇宙航空最前線」を見よう!

12年04月21日 11:00 放送
JAXA宇宙航空最前線 第10回 ～星出さん、宇宙での…
来場者数：34,918 コメ：11,509
「JAXA（宇宙航空研究開発機構）」が、研究・開発担当者の生の声を通して宇宙航空…

11年06月05日 21:00 放送
JAXA宇宙航空最前線 ～打ち上げ直前！ 星出飛行士…
来場者数：21,431 コメ：15,498
ソユーズ打ち上げ直前！ 星出飛行士が語る「がんばれ古川さん」「JAXA（宇宙航空研…

11年09月16日 20:30 放送
JAXA宇宙航空最前線 第3回 ～ロケットの世界に革命…
来場者数：20,568 コメ：21,932
「JAXA（宇宙航空研究開発機構）」が、研究・開発担当者の生の声を通して宇宙航空…

11年10月12日 20:30 放送
JAXA宇宙航空最前線 第4回 ～暮らしを支える宇宙の…
来場者数：18,060 コメ：17,198
「JAXA（宇宙航空研究開発機構）」が、研究・開発担当者の生の声を通して宇宙航空…

人気動画

第2回（前編）「きぼう」の実験って、どんなことをしてるの？ 再生445 コメ19 マイ7
JAXAシーズンレポート 2011年10月－12月 再生443 コメ0 マイ4
宇宙（そら）を人のために～JAXA事業紹介～ 再生264 コメ0 マイ9
第2回（後編）「きぼう」の実験って、どんなことをしてるの？ 再生210 コメ7 マイ4

最新動画

第2回（前編）「きぼう」の実験って、どんなことをしてるの？ 再生445 コメ19 マイ7
第2回（後編）「きぼう」の実験って、どんなことをしてるの？ 再生210 コメ7 マイ4
JAXAシーズンレポート 2011年10月－12月 再生443 コメ0 マイ4
宇宙（そら）を人のために～JAXA事業紹介～ 再生264 コメ0 マイ9

関係者の解説を交え、「きぼう」日本実験棟で行われている宇宙実験の紹介

毎月1回、ネット配信のニコニコ生放送の公式放送番組として、JAXAが「JAXA宇宙航空最前線」をお送りしているのをご存知でしょうか？ 2011年6月からスタートし、最新トピックスや進行中のプロジェクト紹介、宇宙飛行士の生出演、時にはJAXAへの就職情報もお届けするといった幅広い内容です。出演するのは直接業務を担当するJAXA職員。自分たちの仕事を知ってもらおうと最新情報や裏話が飛び交うので、予定の1時間で終わったためしがありません。進行役である石田紗英子さんが思わず繰り出す超本質的な疑問や視聴者からの質問に答えたり、視聴者同士が画面上にリアルタイムで書き込めるコメントで交流したり、終始リラックスした雰囲気で放送しています。

普段はJAXA東京事務所の特設スタジオからお伝えしていますが、筑波宇宙センターのクリーンルームから打ち上げ前の人工衛星をバックに生放送というユニークな企画も行い、好評をいただきました。

番組では、取り上げて欲しいテーマを随時募集していますのでどしどしお寄せ下さい。また、今後の放送予定はJAXAウェブサイト（http://www.jaxa.jp/）、JAXAtwitter（http://twitter.com/JAXA_jp/）、Facebook（http://www.facebook.com/jaxa.jp）、ニコニコ生放送番組案内でご紹介していきますので、どうぞお見逃しなく！

新人宇宙飛行士3人に直撃

広報部 〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5 丸の内北口ビルディング3階
TEL:03-6266-6400 FAX:03-6266-6910
JAXAウェブサイト http://www.jaxa.jp/
メールサービス http://www.jaxa.jp/pr/mail/
JAXA's配送サービス http://www.jaxas.jp/